

BAB II

LANDASAN TEORI

1.1 Penelitian Sebelumnya

Dalam penelitian ini penulis memaparkan penelitian terdahulu yang akan dikembangkan. Penelitian sebelumnya berjudul Rancang Bangun Sistem Monitoring Langkah Kaki dengan Sensor MPU6050 Berbasis Android. Dalam pembuatan alat penelitian tersebut menggunakan sensor *gyroscope*. Alat tersebut dirancang untuk memudahkan user untuk memonitoring langkah kaki dengan memanfaatkan sensor *gyroscope*. Alat penghitung langkah tersebut diletakkan pada bagian paha. Aktivitas yang dilakukan dalam pengujian adalah dengan melakukan aktivitas berjalan. Dari pengujian tersebut didapatkan data yang dihasilkan dari aktivitas berjalan. Data yang dimaksud adalah berupa nilai sudut dari sumbu X,Y dan Z. Nilai sudut tersebut dikonversikan dalam bentuk grafik gelombang sinus agar mudah menentukan *threshold* atas dan bawah pada sudut yang membentuk nilai gelombang. Pada sistem tersebut, diambil nilai salah sudut yang digunakan untuk mendeteksi langkah kaki dan perhitungan jarak yaitu sumbu X. Saat melakukan percobaan berjalan, sumbu X membaca data dari pergerakan kaki, jika nilai batas (*Threshold*) atas dan bawah sesuai dengan *threshold* yang ditentukan, maka terdeteksilah suatu langkah. Dengan mengalikan hasil langkah dan lebar kaki rata-rata, maka didapat jarak saat berjalan kaki. Data tersebut kemudian di kirimkan ke *smartphone* Android melalui transmisi *Bluetooth* berupa hasil langkah dan jarak yang ditampilkan di aplikasi Android.

Dari hasil penelitian sebelumnya maka muncul ide untuk mengembangkan alat dengan menambahkan fitur pada aplikasi tersebut. Fitur yang dimaksud yaitu dapat menghitung waktu, jumlah pembakaran kalori dan jumlah penurunan berat badan.

1.2 Teori Penelitian

Poin ini menjelaskan teori yang berkaitan dengan tugas akhir baik teori teknisnya maupun teori komponen yang digunakan.

1.2.1 Anatomi Kaki Manusia

Anatomi adalah ilmu yang mempelajari tentang struktur tubuh manusia [7]. Pada penelitian ini akan dibahas tentang anatomi tubuh manusia khususnya bagian kaki, karena pada penelitian ini aplikasi mendapatkan data berupa langkah kaki.

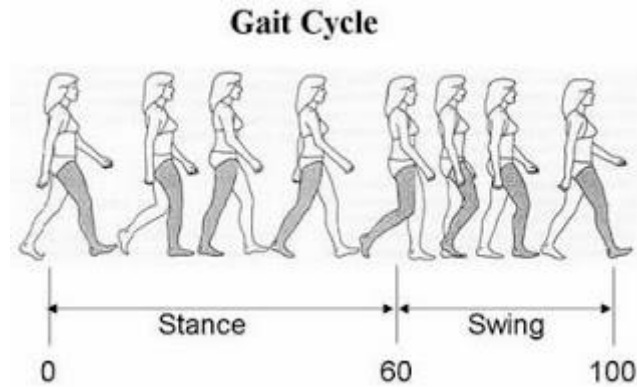
1.2.1.1 Definisi Kaki

Kaki manusia merupakan bagian yang luar biasa kompleks dalam tubuh. Menyerap dan mendistribusikan ratusan Pon tekanan dengan setiap langkah yang diambil seseorang. Bahkan cedera ringan pada kaki dapat mempengaruhi keseimbangan seseorang, postur, dan keselarasan tulang belakang. Kaki dibutuhkan setiap hari untuk dapat berjalan tegap, anatomi kaki terdiri dari 26 tulang, 33 sendi, dan ratusan tendon, ligamen, dan otot-otot yang saling berhubungan.

Anatomi kaki biasanya digambarkan dalam hal kaki depan, pertengahan kaki, dan kaki belakang. Kaki depan dapat digambarkan sebagai terdiri dari lima jari kaki dan lima tulang. Tulang-tulang pertengahan kaki, seperti balok, navicular, dan tiga tulang berbentuk baji, itu membentuk lengkungan kaki. Otot yang menghubungkan pertengahan kaki ke kaki belakang dan depan. Kaki belakang adalah lokasi dari pergelangan kaki dan tulang tumit [7].

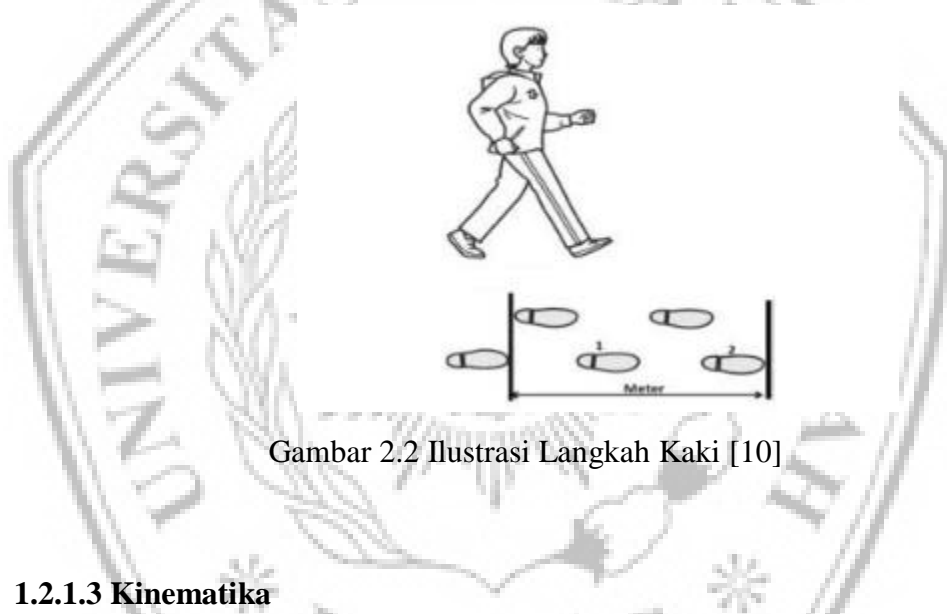
1.2.1.2 Langkah Kaki

Langkah kaki didefinisikan sebagai gerakan kaki (ke depan, ke belakang, ke kiri dan ke kanan) waktu berjalan (KBBI). Dilihat dari cara manusia berjalan menunjukkan bahwa pola pergerakan kaki manusia selama berjalan memiliki siklus yang berulang-ulang, sehingga dengan menganalisis pola-pola ini pendeteksian langkah dapat dilakukan. Pola manusia saat melangkah pada dasarnya terdapat dua fase, fase *stance* dan fase *swing* [8]. Fase *stance* yaitu keadaan dimana salah satu kaki menapak di tanah. Fase *swing* yaitu keadaan dimana salah satu kaki terangkat. Pada saat salah satu kaki berada pada fase *stance*, kaki yang lain akan berada pada fase *swing*.



Gambar 2.1 Siklus manusia berjalan [9]

Sedangkan untuk pengertian dari satu langkah adalah ketika masing-masing kaki telah melakukan fase *stance* dan fase *swing*.



Gambar 2.2 Ilustrasi Langkah Kaki [10]

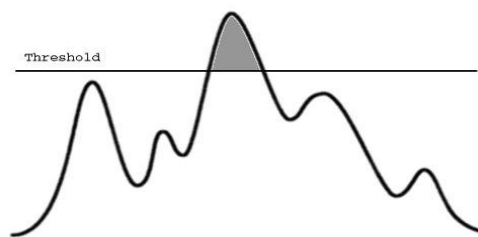
1.2.1.3 Kinematika

Kinematika adalah cabang dari ilmu mekanika, yaitu ilmu yang mempelajari gerak benda. Kinematika gerak dalam pelajaran fisika membahas besaran-besaran kinematis yang mempengaruhi gerak benda, dimana meliputi lintasan, kecepatan, dan percepatan. Salah satu jenis gerak adalah gerak lurus. Suatu benda dikatakan bergerak lurus adalah jika lintasan geraknya berupa garis lurus. Gerak lurus dibedakan menjadi gerak lurus beraturan (GLB), gerak lurus berubah beraturan (GLBB) dan gerak lurus berubah tidak beraturan [11].

1.2.1.4 Nilai Ambang Batas (*Thresholding*)

Nilai ambang batas adalah alternatif bahwa walau apapun yang terdapat dalam lingkungan kerjanya, manusia merasa aman. Dalam perkataan lain, nilai ambang batas juga diidentikkan dengan kadar maksimum yang diperkenankan. Kedua pengertian ini mempunyai tujuan yang sama [6]. Nilai batas yang digunakan adalah nilai batas sudut dari data sensor. Cara mudah dan tepat mendeteksi suatu langkah kaki adalah menerapkan nilai batas pada data yang telah dikonversikan dalam bentuk grafik gelombang.

Pergerakan langkah kaki akan dibaca sensor dalam bentuk data sudut. Data yang dihasilkan sangat banyak sehingga sulit untuk diidentifikasi nilai batas untuk menghasilkan suatu langkah kaki. Cara mudah untuk mengidentifikasinya dengan cara konversikan nilai-nilai tersebut menjadi suatu grafik gelombang sehingga mudah mengidentifikasi nilai batas saat berjalan kaki.



Gambar 2.3 Pengkonversian Gelombang dan Penentuan Nilai Ambang Batas [6]

Saat melangkah, sensor akan membaca data berupa sudut. Cara termudah untuk mendeteksi *event* langkah kaki dengan cara ini adalah dengan mengetahui nilai percepatan pada setiap fase ataupun kondisi seseorang saat berjalan kemudian membandingkannya dengan nilai *threshold* (Ω) yang telah ditentukan, yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

Mengukur nilai percepatan dalam tiga sumbu, yaitu sumbu X, Y, dan Z, yang masing-masing disimbolkan dalam A_x , A_y , dan A_z . Dari ketiga nilai percepatan tersebut diambil salah satu sumbu kemudian ditentukan nilai *threshold* untuk batas atas dan batas bawah atau bisa juga disebut *threshold above* dan *threshold below* [12].

Jika nilainya sesuai dengan perbandingan *threshold* yang telah ditentukan maka akan terdeteksi suatu langkah kaki. Thresholding dapat dibentuk dalam persamaan sebagai berikut:

$$A(x) = \{1, \text{if } f(x, y) \geq T\} \dots \dots \dots (1)$$

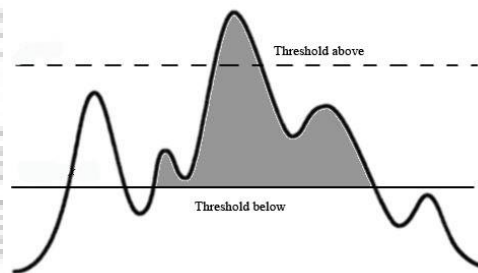
$$A(x) = \{0, \text{if } f(x, y) < T\} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan :

$A(x)$ = Inisialisasi Sumbu X

$f(x, y)$ = Fungsi dari X dan Y

T = Threshold

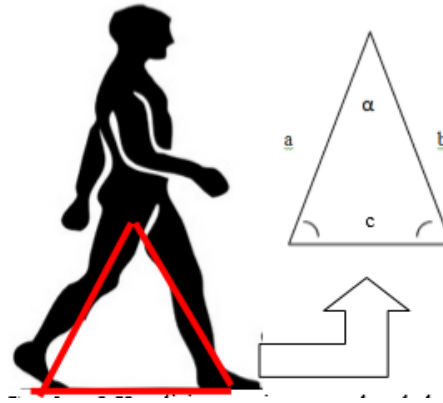


Gambar 2.4 Nilai Ambang Batas Bawah dan Batas Atas [6]

1.2.1.5 Jarak Langkah Kaki

Manusia saat berjalan kaki membentuk pola segitiga. Sebelum mengukur jarak, harus diketahui berapa lebar rata-rata antara kaki kanan dan kaki kiri pada saat melangkah. *United States customary units* menyatakan standarisasi satuan tiap langkah manusia secara alami dihitung dari ujung kaki yang berada di depan sampai ke ujung kaki sebelumnya. Besar langkah tersebut secara rata-rata adalah 78cm atau diasumsikan satu langkah manusia sepanjang 0.78m [13]. Jika sudah diketahui lebarnya dikalikan dengan jumlah langkah yang kita lakukan maka dapatlah jarak yang ditempuh saat berjalan kaki dengan rumus seperti berikut:

$$\text{Jarak} = \text{Jumlah Langkah} * 0,78m \dots \dots \dots (3)$$



Gambar 2.5 Kondisi Saat Melangkah [6]

1.2.2 Daily Fitness Activity

Menurut Utari, kebugaran jasmani adalah suatu keadaan yang dimiliki atau dicapai seseorang dalam kaitannya dengan kemampuan untuk melakukan aktifitas fisik [14]. Aktifitas fisik yang sering atau pasti dilakukan setiap hari adalah berjalan kaki. Ada banyak manfaat dari berjalan kaki, salah satunya adalah dapat membakar kalori, yang kemudian berdampak pada penurunan berat badan. Untuk menghitung kalori sendiri menggunakan rumus sebagai berikut:

$$EC = (MET * 7.7 * (BB * 2.2) / 200) * Time..... (4)$$

Keterangan :

MET = *Metabolic Equivalent Of Task*

BB = Berat Badan

Time = Durasi Waktu (menit), 1 menit = 60 detik

Untuk menentukan MET, diperlukan jumlah langkah dan waktu dalam satuan menit untuk menghitung berapa jumlah langkah yang ditempuh per menitnya. Untuk ketentuan MET sendiri sebagai berikut:

Tabel 2.1 *Metabolic Equivalent Of Task*

MET	Steps Equivalent per Minute	Sports Activities	Home Activities
12	300	squash, boxing, canoeing (competitive), in- line skating, ice- skating (competitive)	running (upstairs)
11	270	rock climbing, swimming (butterfly)	
10	250	running (on a track, team practice), judo/karate/ kick boxing, rugby, rope jumping, soccer (competitive)	
9	230	running (cross- country), football (competitive)	moving furniture upstairs
8	220	running (training), bicycling, football (general), basketball (competitive), lacrosse, polo, volley ball (competitive), ice hockey, cross- country skiing, snow shoeing	

7	180	jogging, tennis, badminton (competitive), soccer (general), roller skating, swimming (backstroke), ice skating (general), tobogganing	carrying groceries upstairs
6	150	hiking, weight lifting, fencing, basketball (general), swimming (leisure), water skiing, downhill skiing,	race walking (if you went any faster you'd be running), moving furniture, home repair (outside house), gardening with power tools, shovelling snow by hand
5.5	140	health club exercise	mowing lawn
5	135	ball room dancing, baseball, children's games, skateboarding, kayaking, snorkeling	walking to work or class, walking briskly (like you're late for a bus), walking upstairs, cleaning gutters, painting (outside house), yard work
4.5	130	badminton (general), golf	operating snow blower

4	125	horseback riding, table tennis, volley ball (general), juggling, Tai Chi, paddle boat, curling	walking for pleasure, scrubbing floors and bathtub, moving household items, raking lawn, gardening (general)
3.5	120	marching band, archery, sky diving, canoeing (general), snowmobiling	walking the dog, walking with purpose, mopping, vacuuming
3	100	light workout, miniature golf, bowling, frisbee playing, fishing, sailing	walking inside the house, walking downstairs, taking out the trash, picking up things around the house, sweeping floors, heavy cleaning (e.g. washing car), home repair (inside house), painting (inside house), loading/unloading a car, riding snow blower
2.5	70	camping, billiards, croquet, darts, bird watching	walking shopping (incl. grocery shopping), light cleaning (e.g. dusting), cooking or food

			preparation (walking), riding lawn mower or motorcycle
2	45	mild stretching	cooking or food preparation (standing), making bed, standing (e.g. talking on phone, reading), showering (standing), touring/vacation
1.5	20		retreat/family reunion activities (sitting, relaxing, talking, eating), using a computer, standing in line, sitting (e.g. light office work, card playing, talking on phone, reading), bathing (sitting)
1	0	whirlpool (sitting)	watching television, riding in a car or bus, reclining (e.g. talking on phone, reading)

Dalam 100 kalori yang terbakar ada 0,0128 kilogram berat badan yang berkurang, sehingga untuk menghitung jumlah penurunan berat badan, didapatkan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penurunan berat badan} = EC * 0,000128 \dots \dots \dots (5)$$

1.2.3 Sensor MPU6050

Sensor MPU 6050 adalah sensor yang mampu membaca kemiringan sudut berdasarkan data dari sensor *accelerometer* dan sensor *gyroscope*. Sensor MPU6050 membutuhkan tegangan kerja 3,3V.

Sensor ini mempunyai dua buah *output* yaitu SCL dan SDA. Sensor ini sangat akurat karena terdiri 16 bit analog to digital conversion hardware untuk setiap channel.



Gambar 2.6 Sensor MPU6050 [6]

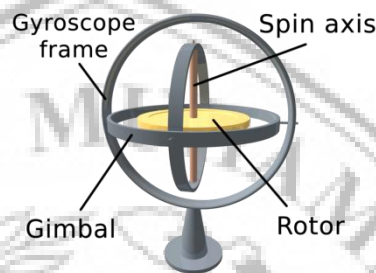
1.2.3.1 Gyroscope

Gyroscope berfungsi untuk mengukur/menentukan orientasi suatu benda berdasarkan pada ketetapan momentum sudut. Pengertian lain dari *gyroscope* berfungsi untuk menentukan gerakan sesuai dengan gravitasi yang dilakukan oleh pengguna. *Gyroscope* memiliki peranan yang sangat penting dalam hal mempertahankan keseimbangan suatu benda yang dapat menentukan kemiringan pada sumbu X, Y, dan Z [15]. Prinsip kerja dari *gyroscope* berotasi maka akan memiliki nilai keluaran. Apabila *gyroscope* berotasi searah dengan jarum jam pada sumbu Z, maka tegangan *output* yang dihasilkan akan mengecil sedangkan *gyroscope* berotasi berlawanan arah dengan jarum jam pada sumbu Z maka tegangan *output* yang dihasilkan akan membesar. Pada saat *gyroscope* tidak sedang berotasi atau berada pada keadaan diam maka tegangan *output* akan sesuai dengan nilai *offset gyroscope* tersebut

1.2.3.1.1 Bagian Gyroscope

Gyroscope terdiri dari (rotor) yang berputar pada sumbu putar (spin axis). Sumbu putar ini terpasang pada suatu kerangka yang disebut imbal (*inner-*

most gimbal). *Inner-most* gimbal terpasang pada *inner* gimbal. *Inner* gimbal terpasang pada *outer* gimbal yang merupakan kerangka terluar. Dengan memiliki tiga gimbal maka *gyroscope* mempunyai kemampuan untuk berputar pada tiga sumbu putar (*3 degree of rotational freedom*). Meskipun *gyroscope* mempunyai *3 degree of rotational freedom*, namun rotor akan tetap berada pada posisinya selama rotor berputar. Saat ketiga kerangka gimbal berputar, maka rotor tidak mengikuti putarannya [16].



Gambar 2.7 Ilustrasi *gyroscope* [16]

Sensor *gyroscope* dapat mendeteksi gerakan sesuai gravitasi atau dengan kata lain mendeteksi gerakan pengguna. *Gyroscope* memiliki keluaran berupa kecepatan sudut dari 3 arah sumbu yaitu sumbu X yang nantinya akan menjadi sudut *phi* (kanan dan kiri), sumbu Y nantinya menjadi sudut *theta* (atas dan bawah) dan sumbu Z nantinya menjadi sudut *psi* (depan dan belakang) [17].

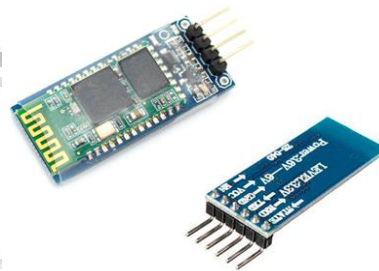
1.2.4 **Bluetooth HC-05**

Bluetooth adalah protokol komunikasi *wireless* yang bekerja pada frekuensi radio 2.4 GHz untuk pertukaran data pada perangkat bergerak seperti PDA, laptop, HP, dan lain-lain. HC-05 merupakan *module Bluetooth SPP (Serial Port Protocol)* yang mudah digunakan untuk komunikasi serial *wireless* (nirkabel) yang mengkonversi *port* serial ke *Bluetooth*. HC-05 menggunakan modulasi *Bluetooth V2.0 + EDR (Enhanced Data Rate)* 3 Mbps dengan memanfaatkan gelombang radio berfrekuensi 2,4 GHz. Modul ini dapat digunakan sebagai *slave* maupun *master*. HC-05 memiliki 2 *mode* konfigurasi, yaitu *AT mode* dan *Communication mode*. *AT mode* berfungsi untuk melakukan pengaturan konfigurasi dari HC-05 sedangkan *communication mode* berfungsi untuk

melakukan komunikasi *Bluetooth* dengan piranti lain. Dalam penggunaanya, HC-05 dapat beroperasi tanpa menggunakan *driver* khusus [6]. Untuk berkomunikasi antar *Bluetooth*, minimal harus memenuhi dua kondisi berikut:

1. Komunikasi harus Antara *master* dan *slave*
2. Password harus benar (saat melakukan *pairing*)

Jarak sinyal dari HC-05 adalah 30 meter dengan kondisi tanpa halangan.



Gambar 2.8 *Bluetooth* HC-05 [6]

1.2.5 Arduino

Arduino adalah papan rangkaian elektronik *open source* yang memiliki komponen utama berupa sebuah chip mikrokontroler. Mikrokontroler adalah chip yang bisa diprogram menggunakan komputer. Arduino juga merupakan *platform hardware* terbuka yang ditujukan kepada siapa saja yang ingin membuat peralatan elektronik interaktif berdasarkan *hardware* dan *software* yang fleksibel dan mudah digunakan. Mikrokontroler diprogram menggunakan bahasa pemrograman arduino yang memiliki kemiripan *syntax* dengan bahasa pemrograman C. Karena sifatnya yang terbuka maka siapa saja dapat mengunduh skema *hardware* arduino dan membangunnya. Tujuan menanamkan program pada mikrokontroler adalah agar rangkaian elektronik dapat membaca *input*, memproses *input* tersebut dan kemudian menghasilkan *output* sesuai yang diinginkan. Bisa dikatakan mikrokontroler bertugas sebagai ‘*brain*’ yang mengendalikan *input*, proses dan *output* sebuah rangkaian elektronik. Secara umum Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu [18]:

1. *Hardware* yaitu papan *input/output*(I/O).

2. *Software* yaitu *software* Arduino meliputi IDE untuk menulis program, *driver* untuk koneksi dengan komputer, contoh program dan *library* untuk pengembangan program.

1.2.5.1 Jenis Arduino

Pada perancangan alat ini, jenis Arduino yang digunakan adalah Arduino Nano yang memiliki ukuran relatif kecil namun menyimpan banyak fasilitas yang cocok digunakan pada *breadboard*.

1.2.6 Android Studio

Android Studio adalah Lingkungan Pengembangan Terpadu - Integrated Development Environment (IDE) untuk pengembangan aplikasi Android. Android studio ini diumumkan pada tanggal 16 Mei 2013 pada Konferensi Google I/O oleh Produk Manajer Google, Ellie Powers. Android Studio bersifat *free* dibawah *Apache License 2.0*. Android studio awalnya dimulai dengan versi 0.1 pada bulan Mei 2013, kemudian dibuat versi beta 0.8 yang dirilis pada bulan Juni 2014. Yang paling stabil dirilis pada bulan Desember 2014, dimulai dari versi 1.0. berbasiskan *JetBrainns' IntelliJ IDEA*, Studio di desain khusus untuk *Android Development*. Ini sudah bisa di download untuk *Windows*, *Mac OS X*, dan *Linux*.